

6 GHz 비면허 대역 이용을 위한 기술기준 Requirements for 6 GHz Unlicensed Bands

강 영 흥

군산대학교 컴퓨터정보통신공학부

Young-Heung Kang

School of Computer, Information & Communication Engineering, Kunsan National University, Jeollabuk-do, 54150, Korea

[요 약]

FCC (Federal Communications Commission)는 비면허 광대역 운영을 6 GHz 대역으로 확장하여 공공의 이익을 극대화하고자 5.925~7.125 GHz(6 GHz) 대역에서 기존 서비스를 지속적으로 제공하면서 비면허 이용이 가능한 1,200 MHz 스펙트럼을 제공할 수 있는 새로운 규칙을 채택하였다. 국내에서도 6 GHz 대역에서 비면허 서비스를 도입하기 위한 M/W(microwave) 주파수 재분배 방안 연구가 진행되어 왔으며, 국민 편익을 고려하여 실내 이용의 경우 1,200 MHz 폭 전체를 공급하되, 실외 이용으로 기존 사업자를 보호하기 위해 출력조건을 제한하여 하위대역(5925 ~ 6425 MHz)의 500 MHz 폭만 우선 공급이 고려되고 있다.

본 논문에서는 국내에서도 6 GHz M/W 주파수 대역에 대한 재분배 등으로 비면허 기기 도입이 적극적으로 추진되고 있지만, 이를 운용하기 위한 기술기준 마련이 절실히 필요하므로 현재 구체화 되고 있는 미국의 6 GHz 비면허 규칙 등을 분석하여 국내 비면허 확장 도입을 위한 기술기준 제정에 필요한 데이터를 제공하고자 한다.

[Abstract]

Federal Communications Commissions (FCC) has adopted a new rule that can provide a 1,200 MHz unlicensed spectrum to maximize the public benefits in the 5.925 ~ 7.125 GHz(6 GHz) band by expanding unlicensed broadband into the 6 GHz band while also ensuring that licensed services that operate in the band continue to thrive. In Korea, the M/W band of 6 GHz has been reallocated to introduce unlicensed services in the 6 GHz band. Considering the national interests, the entire 1,200 MHz will be supplied for the indoor uses, but only the 500 MHz of the lower bandwidth (5925 ~ 6425 MHz) will for the outdoor uses under the limited power to protect the incumbent services. The introduction of unlicensed devices is being actively promoted through the reallocation of the 6 GHz M/W band, but since it is desperately necessary to prepare technical requirements to operate them in Korea. In this paper, the US 6 GHz unlicensed rules has been analyzed, these results will be utilized for establishing Korean technical standards with the unlicensed spectrum expansion.

Key word : Unlicensed spectrum, Reallocation, AFC, FNPRM, EIRP.

<https://doi.org/10.12673/jant.2020.24.5.415>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 7 September 2020; Revised 15 September 2020
Accepted (Publication) 27 October 2020 (30 October 2020)

*Corresponding Author; Young-Heung Kang

Tel: +82-10-4527-4693

E-mail: yhkang@kunsan.ac.kr

1. 서론

Wi-Fi 및 기타 기술 표준에 의한 비면허(licensed) 장치는 미국 소비자가 사용하는 수많은 제품에서 저렴한 무선 접속을 제공하는 데 없어서는 안 될 필수 제품이다. 2020년 4월 FCC (Federal Communications Commission)는 비면허 광대역 운영을 6 GHz 대역으로 확장하여 공공의 이익을 극대화하고자 5.925 ~ 7.125 GHz(6 GHz) 대역에서 기존 서비스를 지속적으로 제공하면서 비면허 이용이 가능한 1,200 MHz 스펙트럼을 제공할 수 있는 새로운 규칙(rule)을 채택하였다[1].

국내에서도 6 GHz 대역에서 비면허 서비스를 도입하기 위한 M/W(microwave) 주파수 재분배 방안 연구[2]가 진행되어왔으며, 6 GHz 하위대역(5925 ~ 6425 MHz)의 500 MHz 대역을 비면허 대역으로 정비해 나가고 있다.

6 GHz 비면허 운영에는 두 가지 유형, 즉 표준전력 및 실내 저전력 운영을 고려하고 있다. 자동 주파수 조정 (AFC; automatic frequency coordination) 시스템을 사용하여 표준전력 액세스 포인트(AP; access point)를 도입한다. 이러한 액세스 포인트는 핫스팟(hotspot) 네트워크, 농촌 광대역 구축 또는 네트워크 용량 업그레이드로 어디에나 제공 가능하다. 실내 저전력 액세스 포인트는 6 GHz 전체 대역에서 제공 가능하며, 스마트폰, 태블릿 장치, 랩톱 및 IoT(internet-of-things) 기기와 같은 가정 및 비즈니스 장치를 인터넷에 연결하는데 이상적이다. 6 GHz 비면허 기기는 2.4 GHz 및 5 GHz 대역의 Wi-Fi와 같이 우리들의 일상생활의 일부가 될 것으로 기대하면서, FCC가 채택한 규칙은 기계, 계량기, 웨어러블 및 기타 가전제품, 제조 산업의 센서 연결 등 IoT 성장에 중요한 역할을 하게 될 것이다.

이에 FCC는 주로 Wi-Fi로 구동되는 비면허 스펙트럼에 대한 "폭발적인 수요"를 지적하면서 6 GHz 대역의 비면허 서비스 이용 가능성을 조사하기 위해 6 GHz 대역에서 비면허 운영에 대한 새로운 기술기준을 설명하는 R&O(report & order) 외에도 6 GHz 운영과 관련된 다음의 4가지 질의, ①초저전력 운영, ②저전력 실내 운영을 위한 전력 스펙트럼 밀도 증가, ③모바일 표준전력 액세스 포인트 운영, ④표준전력 액세스 포인트를 위한 더 높은 전력 제한 및 안테나 지향성에 대한 회신을 요청하는 새로운 FNPRM(further notice of proposed rulemaking)을 게시했다[1].

우선, FCC는 소위 "초저전력 기기"의 운영에 대한 회신을 요청하고 있다. 잠정 제안은 이러한 장치가 14 dBm EIRP (effective isotropic radiated power) 총 전력 및 -8 dBm/MHz PSD(power spectrum density) EIRP에서 운영하는 것이다. 이러한 장치는 실내 및 실외 모두에서 사용할 수 있도록 6 GHz 대역 (U-NII-5 ~ U-NII-8) 전체에 허용되는 것이다. 전력이 더 낮기 때문에 이러한 장치는 실외 작동에도 AFC를 사용하지 않아도 된다. FNPRM은 이 초저전력 모드를 허용하도록 제안하지만 정확한 전력 레벨에 대한 기준과 기존 주사업자 서비스와의 간섭 완화 방법을 찾고 있다.

둘째, FNPRM은 저전력 AP의 PSD 제한에 대한 추가 의견

을 제시하고 있다. 이 레벨은 현재 5 dBm/MHz PSD EIRP로 규정되어 있다. FCC는 이 장치가 320 MHz의 대역폭을 사용할 때 최대 허용 EIRP가 33 dBm를 갖는 8 dBm/MHz PSD EIRP로 늘릴 수 있는지에 대한 회신을 요구하고 있다.

세 번째 항목은 표준전력 액세스 포인트와 관련이 있다. 이 AP는 현재 고정형 구축만 허용되고 있으며, FNPRM은 AFC 제어 하에서 표준전력 액세스 포인트를 모바일 애플리케이션에 사용할 수 있는지에 대한 회신을 요청하고 있다. 향후 FNPRM에 대한 회신에 의해 생성된 의견 및 논의는 6 GHz 대역에서의 비면허 운영 규칙에 대한 추가 또는 수정을 가져올 수도 있다.

본 논문에서는 국내에서도 6 GHz M/W 주파수 대역에 대한 재분배 등으로 비면허 기기 도입이 적극적으로 추진되고 있지만, 이를 운용하기 위한 기술기준 마련이 절실히 필요하므로 현재 구체화 되고 있는 미국의 6 GHz 비면허 규칙 등을 분석하여 국내 비면허 확장 도입을 위한 기술기준 제정에 필요한 데이터를 제공하고자 한다. 이를 위해 2장에서는 국내의 6GHz 대역 이용현황과 3장에서는 국내의 6 GHz 비면허 대역 활용방안을 분석한다. 4장에서는 기존 M/W 고정 FS(fixed service) 서비스에 대한 Wi-Fi 비면허 기기의 간섭 영향을 분석하기 위한 알고리즘을 제공하고, 5장에서 6 GHz 비면허 대역을 위한 기술기준을 제시한 후 6장에서 결론을 내린다.

II. 6 GHz 대역 이용현황

2-1 미국

미국의 6 GHz 대역은 4개의 서브 대역(sub-band)에 고정 서비스(FS, fixed service), 모바일 서비스(MS, mobile service) 및 고정위성 서비스 (FSS, fixed satellite service)에 할당되어 있으며, 그림 1에 6 GHz 대역에서의 무선국 분포를 나타낸다[3].

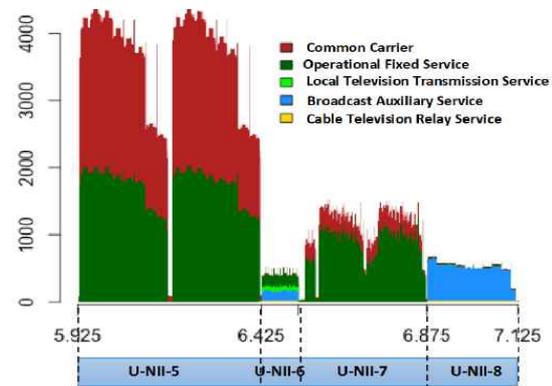


그림 1. 미국의 6 GHz 대역 무선국 분포[3]

Fig. 1. Density of incumbent services in the 6GHz band.

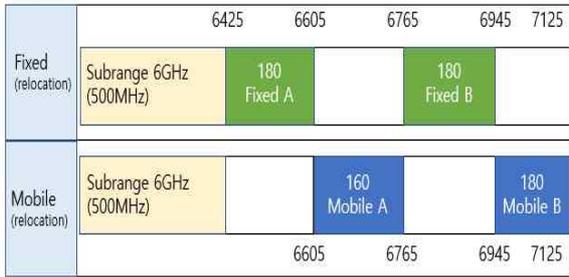


그림 3. 국내 6 GHz 비면허 대역 확보방안 예
 Fig. 3. Korean example of reallocation of 6 GHz unlicensed band.

3-2 국내

국내에서는 비면허 기기의 원활한 이용을 위해 실내의 표준 출력 사용이 가능하도록 이동방송중계 주파수 대역폭을 축소 이전시키고, 고정중계와 분리하는 방안을 고려하고 있다. 또한, 이동중계 주파수와 고정중계 주파수 간 간섭 해소를 위해 고정중계 주파수 축소를 고려하여 그림 3에 보이는 바와 같이 상위 6 GHz 대역에서 가용한 고정 및 이동방송중계용 대역폭 700 MHz (6425 ~ 7125 MHz)으로 재배치시켜 하위 500 MHz (5925 ~ 6425 MHz) 대역폭을 비면허 서비스를 위한 대역으로 정비해 나가는 방안을 검토하고 있다.

IV. 간섭 분석

4-1 간섭분석 알고리즘

총(aggregate) 간섭전력 I 는 피간섭(victim) 수신 안테나 이득 (G_{victim}) 복사패턴이 커버하는 전력 스펙트럼 밀도(PSAD; power spectral area density)를 적분하여 식(1)과 같이 얻어지며, 듀티사이클(duty cycle), BEL(building entry loss), RLAN 안테나 이득, 경로손실(PL; path loss) 등에 의해 조정된다[4].

$$I = G_{RLAN} E_{BEL} DutyCycle \iint PSAD G_{victim}(\theta, \varphi) r dr d\theta - PL \quad (1)$$

한편, 잡음전력 N 은 다음과 같다.

$$N = kTBF \quad (2)$$

여기서, k 는 볼츠만(boltzmann) 상수, T 는 켈빈(kelvin) 온도, B 는 대역폭, F 는 잡음지수이다.

식(1)의 θ 및 φ 는 RLAN과 FS 시스템간의 양각(elevation angle) 및 방위각(azimuth angle)을 나타내며, 그 구조는 그림 4와 같다. 이 구조로부터 양각 φ 는 식(3)과 같다.

$$\varphi = \tan^{-1}(h/r) \quad (3)$$

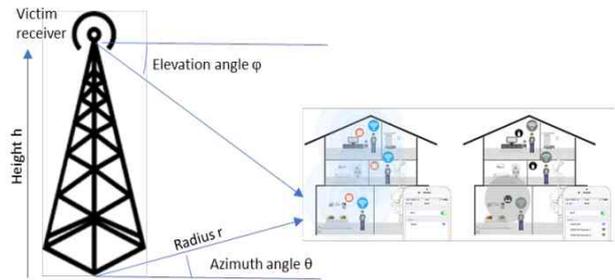


그림 4. 양각 및 방위각의 구조
 Fig. 4. Geometry for elevation and azimuth angles.

경로손실 모델은 자유공간손실(FSPL; free space path loss) 모델과 NLOS(non-line of sight)을 고려한다. 자유공간손실 모델은 시스템간 거리 D 와 파장 λ 가 주어졌을 때, 식(4)로 주어진다.

$$FPSL = 20 \log_{10}(4\pi D/\lambda) \text{ dB} \quad (4)$$

1km 이상의 거리에 적용되는 NLOS 모델은 안테나 높이 h 가 주어질 때, ITU-R Report M.1235[5]로부터 식(5)와 같이 주어진다.

$$NLOS = (43.42 - 3.1 \log_{10}(h)) \log_{10}(D) + 20 \log_{10}(4\pi/\lambda) \quad (5)$$

한편, 빌딩 엔트리 손실(BEL)은 ITU-R Rec. 2019-1[6]에 주어지며, 6 GHz에서 약 14 dB의 평균손실을 고려하고 있다.

4-2 듀티 사이클

고정 무선에 대한 Wi-Fi의 영향을 올바르게 평가하려면 Wi-Fi의 향후 계획 및 이용을 고려해야 한다. Wi-Fi 6의 일반적인 서비스는 비디오 스트리밍(video streaming)이 될 것이다. 표 2의 값은 Wi-Fi 채널 및 Wi-Fi 라우터 기능이 250 Mbps만 지원할 수 있는 경우 4K 비디오 스트리밍 액세스 포인트의 듀티 사이클이 6 ~ 18% 범위에 있음을 보여주고 있다[4]. Wi-Fi 채널이 1000 Mbps를 지원할 수 있고 Wi-Fi 라우터가 1000 Mbps로 전송할 수 있으면 듀티 사이클의 범위는 1.5 ~ 4.5%이다. 4K 비디오에 비해 픽셀 수가 4배이므로 8K 비디오에는 더 높은 듀티 사이클이 필요하다.

표 2. 비디오 듀티 사이클[4]
 Table 2. Video duty cycles[4].

Provider	4K Recommended Rate(Mbps)	Duty Cycle at 250 Mbps	Duty Cycle at 1000 Mbps
YouTube	35-45	14-18%	3.5-4.5%
Amazon	At least 15	6%	1.5%
Netflix	25	10%	2.5%

표 3. 빌딩 구축 분포 예[7]

Table 3. Example of Building distribution[7].

Building Story	Height (m)	Urban Indoor		Outdoor
		Public		
1	1.5	69.0%	95%	
2	4.5	21.0%	2%	
3	7.5	7.0%	2%	
4	10.5	0.7%	0.5%	
5	13.5	0.6%	0%	
6	16.5	0.5%	0%	
7	19.5	0.4%	0%	
8	22.5	0.4%	0%	
9	25.5	0.3%	0%	
10	28.5	0.2%	0.5%	
Total		100.00	100.00	

Wi-Fi 6 RLAN은 4K 이상의 비디오 품질 스트리밍에 필요한 고속 데이터 속도를 지원할 수도 있다. 1 Gbps RLAN 채널이 4K 비디오를 지원하려면 4%의 듀티 사이클로 충분하다. 예를 들어 서비스 지역 확대 또는 가정용 메시 네트워크를 사용하는 경우 더 높은 듀티 사이클이 가능하다. 그 이유는 네트워크상의 다중 홉(hop)에서 전송을 반복함으로써 액티브(active) 듀티 사이클이 곱해지기 때문이다.

4-3 건물 높이 분포

RLAN의 구축 시나리오는 빌딩의 높이와 그 분포에 따라 좌우되므로 간섭전력 계산에 이를 반영하여야 한다[4]. 여기서는 미국의 RKF사[7]에서 조사한 도시형(urban) 빌딩분포로부터 표 3에 있는 공공(public) 서비스 데이터를 사용한다.

표 4. FS 시스템 링크 버짓[4]

Table 4. FS system link budget[4].

PSAD	182.4	mW/MHz-km ²
Out ratio	0.0100	
Area	0.2	km ²
Duty Cycle	4%	
PSD	-18.36	dBm/MHz
G.tx	2	dBi
E[BEL]	0	dB
D	1.2	km
λ	0.0487	m
L.path	111.75	dB
G.rx	41.90	dBi
RX.I	-86.19	dBm/MHz
I/N	23.62	dB
SINR.rx	47.12	dB
Sensitivity	41.47	dB
Margin	5.65	dB
sigma	5.5	dB
p.lognorm	0.847729	

표 5. Wi-Fi 시스템 링크 버짓[4]

Table 5. Wi-Fi system link budget[4].

TX.power	31.46	dBm
BW	30	MHz
G.tx	40.19	dBi
Fc	6152.75	MHz
L.path	137.85	dB
G.rx	41.90	dBi
RX	-39.07	dBm/MHz
NF	4	dB
N=kTBF	-109.83	dBm/MHz
SNR.rx	70.76	dB
QAM	2048	
Sensitivity	41.47	dB
Margin	29.28	dB
sigma	5.5	dB
p.lognorm	1.000000	

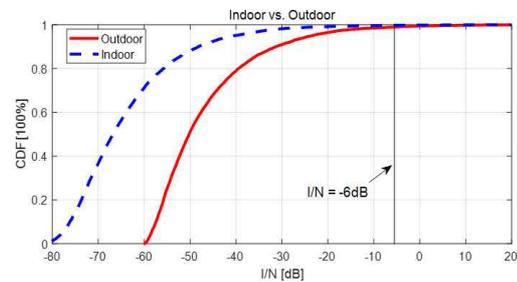


그림 5. 실내 및 실외환경에서의 RLAN 간섭 영향

Fig. 5. RLAN interference in indoor and outdoor environments.

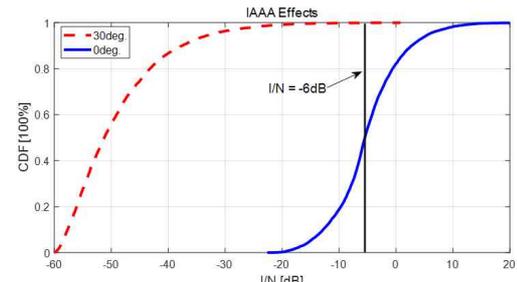


그림 6. FS 안테나 메인 빔 RLAN 분포에 의한 간섭 영향

Fig. 6. Interference with main beam RLAN distribution.

4-4 링크 버짓

표 4 및 표 5는 각각 P-P FS 시스템과 Wi-Fi 간섭 시스템에 대한 링크 버짓(link budget)을 나타낸다.

4-5 간섭평가

표 3의 빌딩분포 및 식(1), (2)로부터 SEAMCAT 프로그램을 사용하여 실내(indoor) 실외(outdoor) 환경에서의 I/N 결과를 그림 5에 나타내었다. 피간섭 FS 안테나 빔의 전방향에 RLAN 분포를 가정하면, FS 안테나 메인빔(main beam)에서 I/N = -6 dB

의 간섭 기준치를 초과하는 간섭이 있으며, 실내 Wi-Fi 보다 실외 Wi-Fi에 의한 간섭 영향이 크다는 점을 알 수 있다. 그림 6은 실외환경에서 FS 안테나의 메인 빔에 RLAN 분포를 가정하면 50% 이상이 간섭 기준치를 초과하고 있지만, RLAN 분포가 FS 안테나 메인 빔에서 30° 이상 벗어나면 대부분 간섭 기준치 이하를 보이고 있다.

V. 기술 기준

비면허 사용을 위한 FCC 규칙에 따라 6 GHz 스펙트럼은 4개의 U-NII (unlicensed national information infrastructure) 무선대역, U-NII-5 - U-NII-8으로 세분된다. FCC에서 채택한 일부 규칙은 비면허 기기가 작동하는 U-NII 대역에 따라 다르다. 그림 7은 6 GHz 대역의 Wi-Fi 서비스를 위한 다양한 주파수 채널화를 보여주고 있다[3].

5-1 전력기준

FCC는 업데이트 규정에서 6 GHz에서 운영할 수 있도록 두 가지 유형의 비면허 기기, 즉 저전력 AP 및 클라이언트(client) 장치와 표준전력 AP 및 클라이언트 장치를 허용하고 있다. 각 장치 유형에는 다음의 자체 규칙이 있다.

1) 저전력 운영

저전력 AP는 다음 송신전력 기준을 준수하는 경우 6 GHz 대역에서 허용된다.

- 30 dBm 미만의 총 송신전력 EIRP
- PSD가 5 dBm/MHz EIRP 이하
- U-NII-5 대역의 하단 및 U-NII-8 대역의 상단 주파수에서 -27 dBm/MHz 방사 마스크(emission mask) 제한

이는 대역폭 20MHz에서 18 dBm, 40 MHz에서 21 dBm, 80 MHz에서 24 dBm, 160 MHz에서 27 dBm, 320 MHz에서 30 dBm에 해당된다.

저전력 AP는 실내 전용으로 제한되어 있으며 6 GHz 전체 스펙트럼, 즉 U-NII-5, U-NII-6, U-NII-7 및 U-NII-8을 사용할 수 있다. 이는 1200 MHz의 새로운 스펙트럼이 제공 가능하다.

FCC는 6 GHz 대역의 주사업자 서비스를 보호하기 위해 저전력이면서 실내 사용의 조합으로 충분하다고 생각했지만, 실외 사용을 방지하기 위한 제한 사항을 추가로 적용하고 있다.

- 저전력 AP는 내후성(weather resistant)이 없어 영구적으로 외부에 설치 불가능
- 저전력 AP에는 통합(integrated) 안테나만 사용, 다른 안테나를 장치에 연결하는 기능을 금지
- 저전력 AP는 배터리로 운영 불가능
- 저전력 AP에는 "FCC 규정에 따라 장치의 운영이 실내 사용으로 제한"이라는 알람이 표시되어야 함.

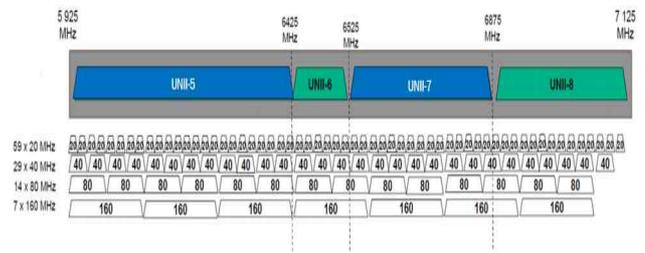


그림 7. 6 GHz Wi-Fi 채널화

Fig. 7. 6 GHz band Wi-Fi channelization.

이러한 장치는 실내에서만 사용하는 것이 분명하므로 10,000 피트 이상으로 운행하는 대형 여객기를 제외하고 저전력 AP는 이동 중에는 사용할 수 없다.

저전력 AP에 관련된 클라이언트 장치는 다음과 같은 전력 레벨로 운영되어야 한다.

- 24 dBm EIRP 미만의 총 송신전력
- PSD는 -1 dBm/MHz EIRP 이하로 제한

메시(mesh) 네트워크 또는 Wi-Fi 확장기(extender)로 운영하는 클라이언트 장치는 예외이다. 이 경우 클라이언트 장치도 관련 AP 규칙을 따르고 모두 단일 구조 내에 있는 경우 저전력 AP의 전력 제한이 적용된다.

2) 표준전력 운영

표준전력 AP는 다음의 송신전력 기준으로 운영 가능하다.

- 36 dBm EIRP 미만의 총 송신전력
- 전력 스펙트럼 밀도는 23 dBm/MHz EIRP 이하
- U-NII-5 대역의 하단 및 U-NII-8의 상단 주파수에서 -27 dBm/MHz 방사 마스크 제한

이 경우 PSD 기준에 따라 이 장치는 모든 대역폭에 대해 항상 36 dBm EIRP로 운영된다.

그러나 표준전력 AP에 허용되는 훨씬 높은 전력은 고비용이며, U-NII-5 및 U-NII-7에서만 허용되어 약 850 MHz의 스펙트럼을 차지한다. 중요한 것은 이 대역에서도 표준전력 AP는 소위 AFC 시스템에 따라 운영 가능하다. AFC는 주로 고정 서비스를 보호하기 위한 것이지만 표준전력 AP는 고정위성 서비스를 보호하기 위해 상향 방사전력 (30도 이상)을 21 dBm으로 제한해야 한다. 저전력 AP와 마찬가지로 표준전력 AP는 10,000 피트 이상에서 운행하는 대형 여객기를 제외하고는 이동 중 사용할 수 없다.

표준 전력 AP에 관련된 클라이언트 장치는 다음 전력 기준에서 작동해야 한다.

- 30 dBm EIRP 미만의 총 송신 전력
- PSD는 17 dBm/MHz EIRP 이하

그러나 AP 운영에 허용된 최종 전력은 특정 주파수에서 AFC에 의해 감소 될 수 있다. AP의 최종 허용 전력이 36 dBm 미만인 경우 관련 클라이언트 장치의 허용 전력을 같은 양만큼 줄여야 한다. 특히, 표준전력 AP에 관련된 클라이언트 장치의 최대 허용 전력은 그 레벨에 상관없이 AP의 최대 허용 전력보

표 6. 6 GHz 비면허 전력 기준

Table 6. Summary of power requirements in 6 GHz.

Device Class	Operating Bands	Maximum EIRP	Maximum EIRP PSD
Standard-Power AP (AFC Controlled)	U-NII-5 (5.925~6.425 GHz)	36 dBm	23 dBm/MHz
Client Connected to Standard-Power AP	U-NII-7 (6.525~6.875 GHz)	30 dBm	17 dBm/MHz
Low-Power AP (indoor only)	U-NII-5 (5.925~6.425 GHz)	30 dBm	5 dBm/MHz
Client Connected to Low-Power AP	U-NII-6 (6.425~6.525 GHz) U-NII-7 (6.525~6.875 GHz) U-NII-8 (6.875~7.125 GHz)	24 dBm	-1 dBm/MHz

다 항상 6 dB 낮다. 표 6은 AP에 관련 클라이언트 유형에 대한 전력 기준을 요약한 것이다[3].

5-2 AFC

Wi-Fi 시스템에 대한 주요 새로운 기술기준은 AFC 시스템에 의한 운영을 요구하고 있다. 공표된 R&O는 AFC 시스템에 대한 일련의 기술기준을 제시하고 있다.

AFC의 주요 초점은 고정 서비스 마이크로파 링크를 보호하는 것이다. 또한, 특정 무선 천문 관측에서 사용하는 주파수를 보호하는 데에도 사용된다. 마이크로파 링크에 대한 AFC의 정보는 U-NII-5 및 U-NII-7 대역에서 라이선스 마이크로파 링크에 대한 기존 공식 데이터베이스인 ULS(universal licensing system) 데이터베이스를 기반으로 한다. AFC 시스템은 매일 ULS 데이터베이스와 동기화되어야 한다. AP 장치 접속된 후, AFC 시스템은 이 AP가 발생할 간섭 모델에 기초하여 이 AP에 적합한 채널을 결정하게 된다. 계산은 AP가 주사업자 서비스에 허용치 초과하는 간섭을 발생하는 곳에서 "배타적(exclusion) 영역"을 설정한다(그림 8 참조). 이 계산에는 AP의 위치와 안테나 높이에 대한 정보가 필요하다. 간섭을 모델링하기 위해, R&O는 이 계산에 사용해야 하는 채널 모델과 간섭 기준을 명시적으로 규정하고 있다[2].

AFC 시스템에서 AP로의 최종 피드백은 AP가 다양한 전력 범위에서 사용할 수 있는 채널 목록이다. AP는 장치의 FCC 식별자(FCC ID)와 그 일련번호로 구성된 고유 식별자를 사용하여 AFC 시스템에 자신을 식별한다. AFC 시스템은 이를 사용하여 장치를 인증할 수 있다. R&O는 AP와 AFC 시스템간에 사용되는 통신 프로토콜에 대한 세부 정보를 제공하지 않지만, AFC 시스템에 의해 저장되는 데이터뿐만 아니라 보안 표준을 충족해야 한다.

AFC 시스템은 "AFC 운영자"에 의해 운영된다. AFC 운영자는 OET(office of engineering and technology)에서 관리할 공식 명칭이 필요하다. OET는 AFC 운영자에게 5년 동안 FCC에 의해 갱신될 수 있는 "라이선스"를 부여하게 된다. 표준전력 AP에 AFC 서비스를 제공하기 위해 AFC 운영자는 요금을 청구할

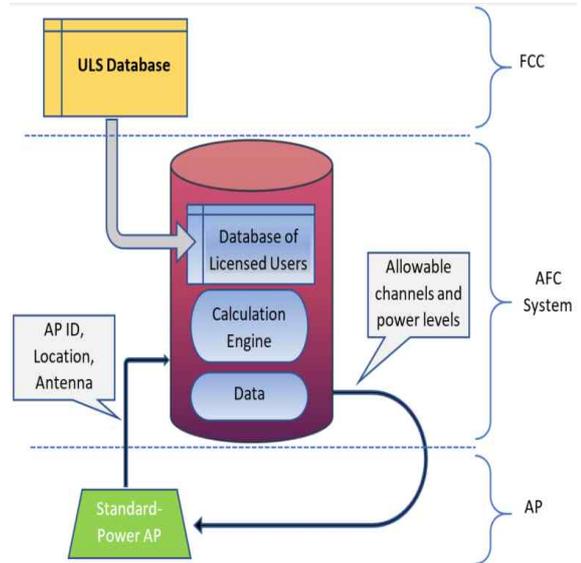


그림 8. Wi-Fi 6E의 AFC 시스템[3]

Fig. 8. Wi-Fi 6E's AFC system[3].

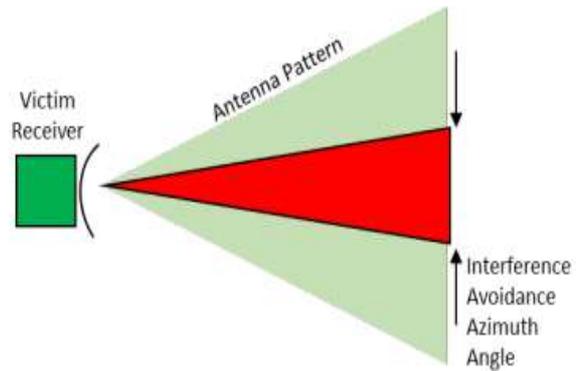


그림 9. 방위각의 간섭 회피 영역

Fig. 9. Interference avoidance area with azimuth Angle.

수 있다. FCC는 AFC 운영의 모든 측면을 완벽하게 해결하기 위해 업계가 관심 있는 이해 관계자 그룹을 소집하여 간섭 탐지 및 완화, 보안 조치, 테스트 및 인증 절차 등과 같은 문제를 해결하도록 권장하고 있다.

5-3 간섭회피

6 GHz FNPRM에서 제안된 AFC 기능의 운영 세부 사항은 AFC를 정량적으로 평가할 수 없으므로 이전의 간섭 분석을 간단히 확장하면 방위각으로 표시되는 작은 "파이 슬라이스(pi slice)"내의 총 간섭을 평가하여 I/N을 허용 가능한 값인 -6 dB로 줄이기 위해 방위각이 얼마나 커야 하는지를 결정할 수 있다. 이것은 그림 6의 간섭 결과를 고려하여 그림 9에 다이어그램으로 표시된다[4].

표 7. IAAA 파라메타에 대한 I/N
Table 7. I/N for IAAA Parameter.

IAAA	Prob[I/N < -6 dB]	Prob[I/N > -6 dB]
0°	0%	100%
5°	17.2%	82.8%
10°	97.3%	2.7%
15°	99.9%	0.1%
20°	100%	0%

간섭 회피 방위각(IAAA; interference avoidance azimuth angle)은 이 방위각에서의 RLAN 디바이스들을 제거하여 식(1)의 θ 각 이외의 간섭을 더해 계산 가능하다. 이를 고려하여 계산된 I/N은 표 7과 같다[4].

VI. 결론

실내 및 실외 RLAN에 의한 I/N 주요 결과[4]는 5-1절에서 설명한 전력기준을 고려하여 AFC가 없는 실내 저전력(0.25 W = 24 dBm) RLAN을 배치하는 경우, 미국 Houston의 모든 P-P 링크에서 -6 dB I/N 기준 값보다 5.46 ~ 25.24 dB 이상의 I/N 비를 보이고 있다. 이 간섭은 직접적인 동일채널 간섭만 고려하며 인접 채널, 백 스캐터링, 안테나 사이드 로브, 안테나 백 로브 또는 주파수 제한의 추가 간섭 메커니즘은 고려하지 않은 결과이다. 또한, AFC가 없는 실외 표준 전력(1 W = 30 dBm) RLAN을 배치하면 미국 Houston의 모든 P-P 링크에서 -6 dB I/N보다 8.46 ~ 28.24 dB 이상의 I/N 비를 보이고 있다. 여기서 고정 P-P 수신 안테나의 보어사이트(boresight)의 $\pm 10^\circ$ 이내의 RLAN은 -6 dB I/N을 초과하는 간섭의 주요 원인이라 할 수 있으며, 그림 6의 계산 결과로부터 안테나 보어사이트를 $\pm 30^\circ$ 이상으로 가져가면 간섭 영향은 없다. 이에 고정 FS 안테나 방향에 대한 기준으로 RLAN 구축은 FS 안테나 보어사이트 방향으로부터 $\pm 30^\circ$ 이상이 요구된다.

그러나, 국내의 6 GHz 대역의 이용현황을 보면 미국의 경우와 다르게 이동방송용으로 운영되는 무선국이 비면허 기기에 의한 간섭의 영향을 받게 되므로 이에 대한 추가적인 간섭 영향 분석이 필요하다.

한편, 비면허 운영을 위해 6 GHz 대역을 개방하기로 결정한 FCC는 Wi-Fi 운영을 위해 최대 1200 MHz의 추가 스펙트럼을 제공했다. 이 결정은 분명히 우리가 알고 있는 Wi-Fi를 재정의 할 것이지만 6 GHz의 운영 규칙은 2.4 GHz 및 5 GHz 대역에서 Wi-Fi가 사용되는 것과 약간 다르다는 것을 이해하는 것이 중요하다. 이에 본 논문에서는 미국의 6 GHz 비면허에 대한 새로운 규정의 내용을 통해 국내 도입 예정인 6 GHz 비면허 기기에 대한 기술기준인 4개의 U-NII 무선 대역의 두 가지 유형의 비면허 기기(저전력 AP 및 클라이언트, 표준전력 AP 및 클라이언트) 마련에 필요한 세부 사항으로 5-1절의 전력 기준, 5-2절의 AFC 도입, 5-3절의 FS 안테나 보어사이트 기준을 제공하였다.

References

- [1] FCC, Unlicensed use of the 6GHz band, Report & Order & Further Notice of Proposed Rulemaking, April. 2020.[Internet]. Available: <https://www.federalregister.gov/documents/2020/05/28/2020-11320/unlicensed-use-of-the-6-ghz-band>
- [2] Y, H, Kang, "Frequency sharing with FSS earth stations for CBRS services," *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 23, No. 6, pp. 507-514, Dec. 2019.
- [3] S. Schelstraete, New regulations for unlicensed operation in the 6 GHz band explained, ON Semiconductor, TND6331/D, May 2020.
- [4] M. Birchler, P. Erickson, A. Wilson, and K. Zdunek, Impact of proposed Wi-Fi operations on microwave links at 6 GHz, Roberson & Associates, LLC, Jan. 2020.
- [5] ITU-R Report M.2135-1, Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-Advanced, Dec. 2009.
- [6] ITU-R Rec. P.2109-1, Prediction of building entry loss, Aug. 2019.
- [7] T Pinney, Frequency sharing for radio local area networks in the 6 GHz band, RKF Eng. Solutions, LLC, 7500 Old Georgetown Road Bethesda, MD, Jan. 2018.



강영흥 (Young-Heung Kang)

1984년 2월 : 한국항공대학교 통신공학과(공학사), 1986년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1993년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과(공학박사), 1988년 3월~1990년 2월 : 한국항공대 통신공학과 조교
 1995년 8월~1996년 8월 : 일본 오사카대학 개원교수, 2003년 8월~2005년 2월 : 영국 York대학 방문교수
 1990년 4월~현재 : 군산대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수
 ※주 관심분야 : 위성통신, 이동통신, 전파공학, 표준화